МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

В. В. ЯКОВЛЕВ

ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ ПРИЕМНИКИ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТРИОДАХ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ
1957

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 275

В. В. ЯКОВЛЕВ

ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ ПРИЕМНИКИ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТРИОДАХ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1957 ЛЕНИНГРАД

В брошюре рассматриваются вопросы, связанные с особенностями приемников на полупроводниковых триодах и даны рекомендации по их конструированию. Кроме того, описаны самодельные приемник прямого усиления и супергетеродинный приемник на полупроводниковых триодах.

Брошюра рассчитана на подготовленного радиолюбителя.

Яковлев Валерий Владимирович
ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ ПРИЕМНИКИ
НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТРИОДАХ

Редактор Ю. Н. Пленкин — Техн. ред. Л. М. Медведев

Сдано в набор 22/III 1957 г. Подп. к печ. 11/VI 1957 г. Т-05632. Бумага 84×108 1/32. 2,46 печ. л. Уч.-изд. л. 2,4. Тираж 50 000 экз. Цена 95 коп. Зак. 171.

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ТРИОДЫ В ЦЕПЯХ ПРИЕМНИКА

Входные цепи приемника

В приемниках, собранных на полупроводниковых триодах, как и в приемниках с электронными лампами, нашли широкое применение одноконтурные входные цепи. Эти цепи могут настраиваться конденсатором и иметь любую связь с антенной.

Но это не значит, что в приемнике на полупроводниковых триодах можно использовать входные цепи от какого-либо приемника с электронными лампами. Если в последнем входной контур не шунтируется входным сопротивлением лампы, то полупроводниковый триод, используемый в усилителе высокой частоты или в преобразователе частоты, будет вносить в контур значительное затухание. При оптимальном согласовании входного контура с триодом добротность контура с учетом затухания, вносимого из антенной цепи, уменьшится в 2 раза.

Если в обычном приемнике лампа подключается непосредственно к контуру и коэффициент включения $p = 1$, то при использовании в приемнике полупроводникового триода $p = 0{,}05 \div 0{,}1$. Это уменьшение связи триода с контуром и понижение резонансного сопротивления последнего приводят к заметному уменьшению коэффициента передачи напряжения входных цепей, который обычно в приемниках на полупроводниковых триодах составляет 0,2—0,5. Использование в этих приемниках на входе контуров с высокими начальными добротностями (для длинных волн порядка 100—120 и для средних волн 180—200) позволяет повысить коэффициент передачи входных цепей до 0,7—0,8. В приемнике целесообразно применять комбинированную связь с антенной (индуктивную и внешнеемкостную), которая обеспечивает равномерный по диапазону коэффициент передачи напряжения.

Связь входного контура с триодом может быть индуктивной или автотрансформаторной. Число витков катушки связи берется из условия оптимального согласования входных цепей с триодом. Это согласование будет в том случае, если вносимое триодом в контур сопротивление равно эквивалентному сопротивлению входного контура с учетом затухания, вносимого из антенной цепи, до подключения триода.

Для расчета числа витков катушки связи, т. е. для согласования, необходимо знать входное сопротивление $R_{вх}$ каскада на полупроводниковом триоде на средней частоте рабочего диапазона (см. стр. 13). Зная величину $R_{вх}$, число витков катушки связи можно определить из формулы

$$p = \frac{w_2}{w_1} \sqrt{\frac{R_{вх}}{R_к}},$$

где p — коэффициент включения триода к контуру;
w_1 — число витков катушки контура;
w_2 — число витков катушки связи;
$R_к$ — резонансное сопротивление контура на средней частоте диапазона с учетом затухания, вносимого из антенной цепи;
$R_{вх}$ — входное сопротивление каскада на средней частоте.

Оптимальная связь входного контура с триодом может быть подобрана экспериментально. Для этого измеряют взаимную индуктивность M между катушкой связи с антенной и катушкой контура и устанавливают коэффициент связи k между ними, равный 10—15%, по формуле

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_A L_к}} \cdot 100\%,$$

где L_A — индуктивность катушки связи с антенной;
$L_к$ — индуктивность входного контура.

Затем подключают генератор ГСС-6 через эквивалент антенны (для длинных и средних волн $C = 200$ *пф*) к катушке связи с антенной L_A, а основание триода — к катушке связи входного контура с триодом или к отводу катушки контура $L_к$ (в случае автотрансформаторной связи). Установив рабочий режим триода, под-

ключают ламповый вольтметр ВКС-7 к нагрузочному сопротивлению $R_н$ в цепи коллектора (рис. 1). Согласование подбирается на средней частоте рабочего диапазона путем изменения числа витков катушки связи контура с триодом, а при автотрансформаторной связи — изменением положения отвода катушки. Во время подбора связи нужно измерять не только усиление каскада, но и полосу пропускания контура, так как с увеличением этой связи значительно ухудшается избирательность контура.

Для повышения эффективности входных цепей желательно использовать переменный конденсатор малой ем-

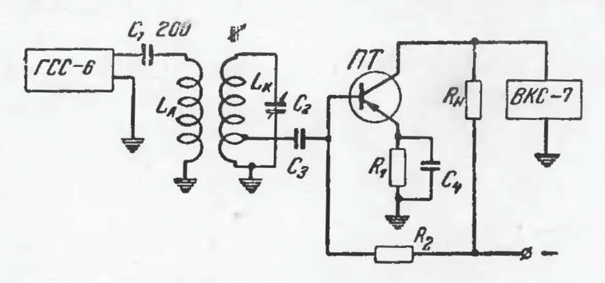


Рис. 1. Выбор связи входного контура с триодом.

кости, так как при этом увеличивается резонансное сопротивление контура. Входная емкость полупроводникового триода, хотя и велика (в зависимости от типа триода, схемы его включения, режима и окружающей температуры может составлять несколько сотен и даже тысяч пикофарад), но пересчитанная в контур составляет 2—3 *пф.* Для однодиапазонного приемника можно использовать блок переменных конденсаторов с конечной емкостью 190—200 *пф.* Для двухдиапазонного приемника вследствие увеличения емкости монтажа и наличия емкости переключателя диапазонов пригоден блок конденсаторов с конечной емкостью в 350 *пф.*

Помимо входных цепей, настраиваемых переменными или подстроечными конденсаторами, представляют большой интерес входные цепи, выполненные в виде ферроиндуктора.

Ферроиндуктор имеет незначительные размеры и отвечает таким требованиям, как высокий коэффициент передачи и постоянство его по всему рабочему диапазону

частот, высокая избирательность и необходимое перекрытие частот. С целью повышения резонансного сопротивления контуров ферроиндуктора и, следовательно, повышения коэффициента передачи индуктивность катушек следует брать максимально возможной. Емкость контура должны составлять подстроечный конденсатор (20—60 *пф*), пересчитанная входная емкость триода и емкость монтажа. Сердечник для ферроиндуктора берется из карбонильного железа, альсифера или феррита диаметром 5—10 и длиной 40—70 *мм*.

Для изготовления ферроиндуктора прежде всего необходимо проверить эффективную магнитную проницаемость выбранного сердечника. Для этого из тонкого картона или плотной бумаги склеивают каркас, в котором сердечник должен перемещаться с небольшим трением. На каркас наматывается катушка по всей длине сердечника (число витков и провод катушки берутся произвольными). Затем измеряют индуктивности катушки с введенным и выведенным сердечником. Отношение первой индуктивности ко второй и определяет эффективную проницаемость данного сердечника.

При использовании ферроиндуктора как входного контура для длинных и средних волн проницаемость сердечника должна быть не менее 9.

Намотку катушек входного ферроиндуктора можно производить виток к витку или навалом по всей длине сердечника проводом ПЭЛШО 0,1—0,15 (длинные волны) и литцендратом ЛЭШО 7×0,07 или проводом ПЭЛШО 0,18—0,22 (средние волны). Не исключена также возможность применения нескольких катушек типа «универсаль», включенных последовательно и равномерно распределенных по всей длине сердечника.

Величина связи с антенной k должна быть 10—15%. При емкостной связи с антенной конденсатор связи определяется из формулы

$$k = \frac{C_{св}}{C_к} \cdot 100\%.$$

Связь ферроиндуктора с полупроводниковым триодом может быть индуктивной или автотрансформаторной. Число витков катушки связи определяется так же, как и во входных цепях, настраиваемых конденсатором переменной емкости.

Внешний вид ферроиндуктора показан на рис. 2.

Что касается антенны, то целесообразно применять магнитную антенну на сердечнике из феррита. Такая антенна выгодно отличается от рамочной благодаря своим малым размерам и значительно большей эффективности.

Сердечник для магнитной антенны может быть круглым или прямоугольным. Его длина берется в 15—25 раз больше диаметра, а диаметр должен быть не менее 6—8 *мм*.

По размерам сердечника склеивают каркасы из плотной бумаги, на которые в один слой виток к витку нама-

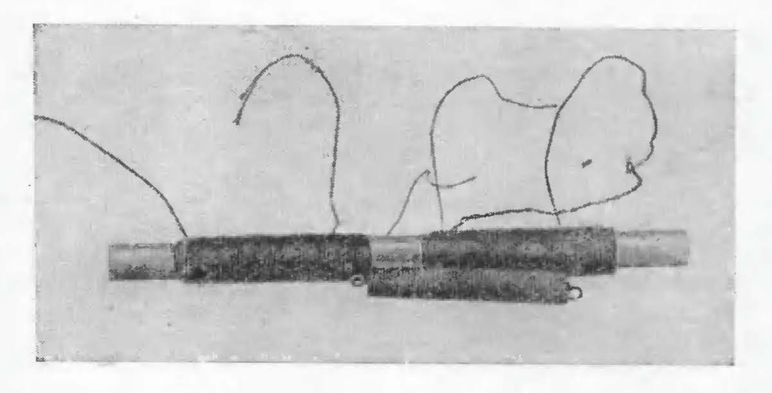


Рис. 2. Внешний вид ферроиндуктора.

тывают катушки. Для средневолновой катушки может применяться намотка с принудительным шагом. Используя для намотки катушек провод ПЭЛШО 0,15—0,2 для длинных волн и ПЭЛШО 0,28—0,35 для средних, можно получить добротность антенной цепи порядка 200—250. Размещаются катушки на расстоянии 10—15 *мм* от торцов сердечника, и если во время настройки приемника возникает необходимость изменить индуктивность, то это осуществляется передвижением катушки по сердечнику. Индуктивность катушек берется из условия обеспечения рабочего диапазона частот.

При использовании магнитной антенны в двухдиапазонном приемнике (длинные и средние волны) желательно применять в качестве органа настройки малогабаритный блок переменных конденсаторов с конечной емкостью в 350 *пф*.

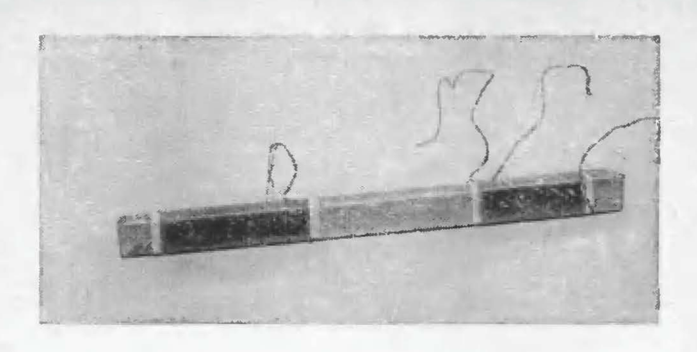


Рис. 3. Внешний вид магнитной антенны.

Расчет согласования полупроводникового триода с антенной производится аналогично расчету входной цепи.

Внешний вид магнитной антенны приведен на рис. 3.

Преобразователь частоты

Тип полупроводникового триода для гетеродина приемника определяется выбором промежуточной частоты. Так, в диапазоне средних волн для промежуточной частоты 110 *кгц* высшая рабочая частота гетеродина 1 710 *кгц*, а для промежуточной частоты 465 *кгц* она будет 2 065 *кгц*. Учитывая уменьшение коэффициента усиления по току полупроводникового триода с повышением частоты, в первом случае могут быть применены триоды П1Ж и П1И, во втором П1И и точечные триоды С1Д и С2В.

При работе с точечными триодами нужно помнить, что они больше, чем плоскостные, критичны к перегрузке по току и увеличение тока коллектора выше допустимого немедленно приводит к выводу триода из строя.

По аналогии с ламповыми схемами преобразование частоты можно осуществить с одним или двумя полупроводниковыми триодами. Преобразователь частоты, собранный на одном триоде, особенно на два диапазона, сложен в налаживании и дает малое усиление. Значительно лучше работает преобразователь частоты на двух триодах по схеме рис. 4. Эта схема проста в налаживании и удобна тем, что оптимальное преобразование можно получить в любительских условиях путем изменения связи гетеродина ($ПТ_2$) с преобразователем частоты ($ПТ_1$) или изменяя амплитуду колебаний гетеродина.

Гетеродин на плоскостном триоде собирается по схеме с индуктивной обратной связью. В качестве преобразователей частоты могут быть использованы триоды П1Е и П1Ж. При использовании триода П1Ж оптимальная амплитуда колебаний гетеродина составляет 0,15—0,4 *в*. Ток в цепи коллектора триода гетеродина, а следовательно, и напряжение имеют синусоидальную форму; в цепи эмитера, откуда подается напряжение на преобразователь, форма его несколько искажена.

Сопротивления R_1 и R_2 в схеме рис. 4 служат для создания отрицательного смещения на основание триода. От величины этого смещения зависят форма и амплитуда колебаний гетеродина, которая должна быть 0,1—0,2 *в*. Изменением величины сопротивления R_1 добиваются, чтобы форма напряжения гетеродина была близка к синусоидальной.

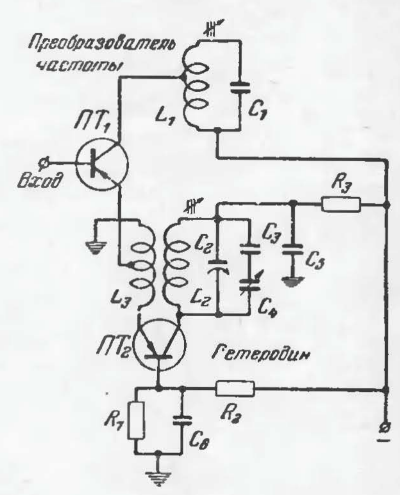


Рис. 4. Преобразователь частоты на двух полупроводниковых триодах.

Чтобы колебания гетеродина не попадали в цепь питания, необходимо в цепь коллектора включить фильтр R_3C_5. Напряжение питания для гетеродина на полупроводниковом триоде может быть небольшим (гетеродин устойчиво работает при напряжении на коллекторе 0,8—1 *в*) и величина R_3 в фильтре может быть значительной.

Данные контура гетеродина при наличии блока конденсаторов переменной емкости рассчитываются обычным порядком. Число витков катушки обратной связи незначительно зависит от типа триода и колеблется от 20 до 35% от числа витков катушки контура гетеродина.

При использовании в супергетеродинном приемнике двух одинаковых ферроиндукторов (одного на входе приемника и другого в гетеродине) расчет контура гетеродина производится в следующем порядке.

Задаваясь величиной $C_к$ контура (рис. 5), равной 30—60 *пф*, рассчитывают минимальную индуктивность катушки входного ферроиндуктора по формуле

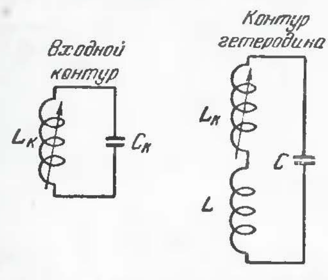


Рис. 5. Входной контур и контур гетеродина.

$$L_к = \frac{2{,}53 \cdot 10^{10}}{f^2 C_к}.$$

С такой же индуктивностью берется и катушка гетеродина.

Максимальная индуктивность катушек определяется с учетом эффективной магнитной проницаемости сердечника ферроиндуктора. Зная рабочий диапазон гетеродина, находят перекрытие частот контура гетеродина по формуле

$$k_п = \frac{f_{макс}}{f_{мин}}.$$

Индуктивность сопрягающей катушки L (рис. 5) находят из формулы

$$k_п^2 = \frac{L_{макс} + L}{L_{мин} + L}.$$

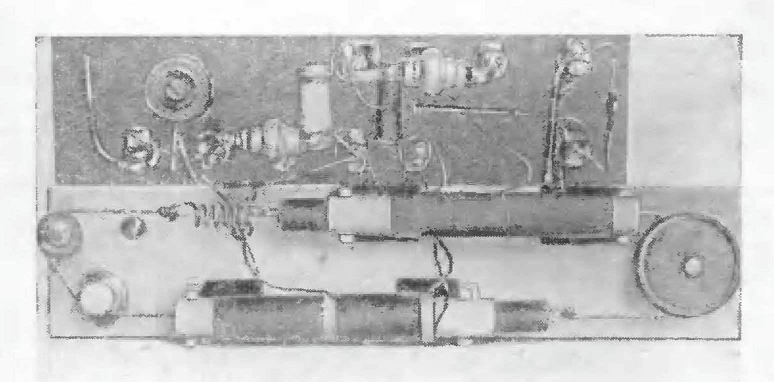


Рис. 6. Внешний вид сдвоенного ферроиндуктора.

После этого рассчитывается емкость конденсатора в контуре гетеродина по формуле

$$C = \frac{2{,}53 \cdot 10^{10}}{f^2 (L_{мин} + L)}.$$

В формулах для $L_к$ и C частота должна быть в килогерцах, индуктивность — в микрогенри, емкость — в пикофарадах.

Сдвоенный ферроиндуктор выполняется в виде отдельного блока. На монтажной панели размещаются катушки ферроиндуктора с сердечниками, сопрягающая катушка, триоды и верньерное устройство. Внешний вид такой конструкции показан на рис. 6.

В заключение нужно отметить, что стабильность частоты гетеродина, собранного на полупроводниковом триоде, высока и схема гетеродина не требует каких-либо дополнительных компенсирующих элементов.

Усилитель промежуточной частоты

Усилитель промежуточной частоты на полупроводниковых триодах может быть выполнен как на одиночных, так и на двух связанных контурах (трансформаторах промежуточной частоты). В радиолюбительской практике нашли большее применение усилители, собранные на одиночных контурах.

Не все плоскостные триоды могут быть использованы в усилителях промежуточной частоты. Не пригодны для этой цели триоды П1А для промежуточной частоты 110 *кгц* и П1Е для 465 *кгц*. Усиление каскада, собранного на этих триодах, не будет превышать 5—8. Триод П1Е можно использовать в усилителе с промежуточной частотой 110 *кгц*; при этом усиление на каскад будет 20—25. Для промежуточной частоты 465 *кгц* могут быть использованы триоды П1Ж и П1И. Эти триоды на частоте 465 *кгц* дают усиление на каскад порядка 12—15. Кроме того, при промежуточной частоте 465 *кгц* и наличии в приемнике средневолнового диапазона нормальную работу гетеродина, как уже говорилось выше, может обеспечить только плоскостной триод П1И, а также точечные триоды С1Д и С2В.

Из этого следует, что радиолюбителю, начинающему работать с супергетеродинными схемами на полупроводниковых триодах, целесообразно использовать в усилителе промежуточную частоту 110 *кгц*. При такой промежуточной частоте ослабление приема по зеркальному каналу будет недостаточным. Но этот недостаток можно устранить применением двух настраиваемых контуров на входе приемника.

При изготовлении многокаскадного усилителя промежуточной частоты возникает трудность согласования высокоомного выхода предыдущего каскада с низкоомным входом последующего. В качестве согласующего элемента между каскадами усилителя используется контур промежуточной частоты. Согласование осуществляется путем подключения коллектора первого триода и основания последующего не ко всему контуру, а только к части витков катушки (автотрансформаторная связь триода с контуром).

При расчете согласования необходимо знать резонансное сопротивление контура на рабочей частоте, а

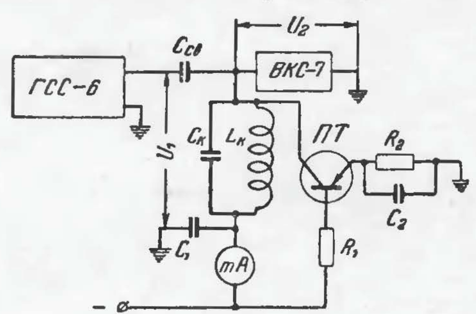


Рис. 7. Схема измерения выходного сопротивления триода.

также входные и выходные сопротивления каскадов. Для этого собирается схема, приведенная на рис. 7. В качестве $L_к$ и $C_к$ используется контур от усилителя промежуточной частоты. Емкость конденсатора $C_к$ выбирается из условия обеспечения устойчивости полосы пропускания усилителя и обычно составляет 500—1000 *пф*. При малых величинах $C_к$ возможно искажение кривой контура усилителя за счет изменения выходной емкости триода. Подбирая величину сопротивления R_2, добиваются тока коллектора порядка 250—300 *мка*. В дальнейшем при налаживании усилителя промежуточной частоты этот ток дожен быть сохранен.

Подключив к контуру через конденсатор связи $C_{св}$ (10—30 *пф*) генератор ГСС-6 и настроив его на промежуточную частоту, измеряют напряжение на контуре U_2.

Зная выходное напряжение генератора U_1, а также емкость конденсаторов $C_{св}$ и $C_к$, эквивалентную доброт-

ность контура с учетом шунтирования триодом рассчитывают по формуле

$$Q_э = \frac{U_2 C_к}{U_1 C_{св}}.$$

После этого триод отключается от контура. Описанным выше методом измеряется собственная добротность контура $Q_к$, а затем рассчитывается резонансное сопротивление контура $R_к$ по формуле

$$R_к = 2\pi f L Q_к.$$

Выходное сопротивление каскада на этой частоте

$$R_{вых} = \frac{R_к Q_э}{Q_к - Q_э},$$

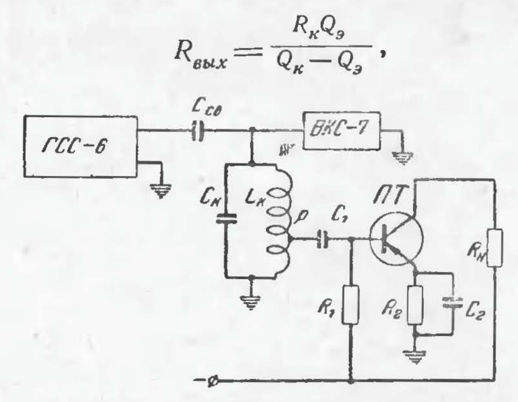


Рис. 8. Схема измерения входного сопротивления триода.

где $R_{вых}$ — активная составляющая выходного сопротивления каскада;

$R_к$ — сопротивление контура;

$Q_к$ — добротность контура;

$Q_э$ — добротность контура с учетом шунтирования триодом.

При измерении входного сопротивления триод подключается не ко всему контуру, а к отводу катушки. Коэффициент включения триода к контуру берется равным 0,1 (рис. 8). Рабочий режим триода подбирается сопротивлением R_2 и устанавливается ток коллектора, равный 250—300 *мка*.

Затем, настроив генератор на частоту контура, измеряют ламповым вольтметром напряжение на контуре. По известным величинам $U_1 U_2 C_{св}$ и $C_к$ находят добротность контура $Q_э$ с учетом шунтирования триодом. Отключив триод от контура, находят собственную добротность $Q_к$ и резонансное сопротивление контура $R_к$ на этой частоте. Входное сопротивление триода

$$R_{вх} = \frac{p^2 R_к Q_э}{Q_к - Q_э},$$

где $R_{вх}$ — активная составляющая входного сопротивления каскада;

p — коэффициент включения триода к контуру.

Величины коэффициентов включения предыдущего

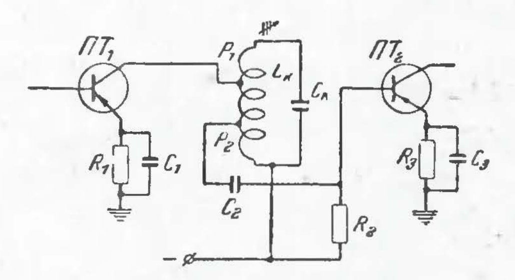


Рис. 9. Подключение полупроводниковых триодов к контуру.

и последующего триодов p_1 и p_2 (рис. 9) при согласовании каскадов одиночным контуром определяются так:

$$p_1 = \sqrt{\frac{R_{вых}}{2R_к}\left(\frac{Q_к}{Q_э} - 1\right)};$$

$$p_2 = \sqrt{\frac{R_{вх}}{2R_к}\left(\frac{Q_к}{Q_э} - 1\right)}.$$

Такое подключение триодов обеспечивает максимальное усиление каскадов.

При использовании индуктивной связи последующего триода с контуром (рис. 10) катушка связи непосред-

ственно наматывается на катушку контура. В этом случае

$$p_2 = \frac{M}{L_к},$$

где M — взаимная индуктивность между катушкой связи и катушкой контура;

$L_к$ — индуктивность катушки контура.

Во время измерения входного и выходного сопротивлений при отключении триода изменяется частота настрой-

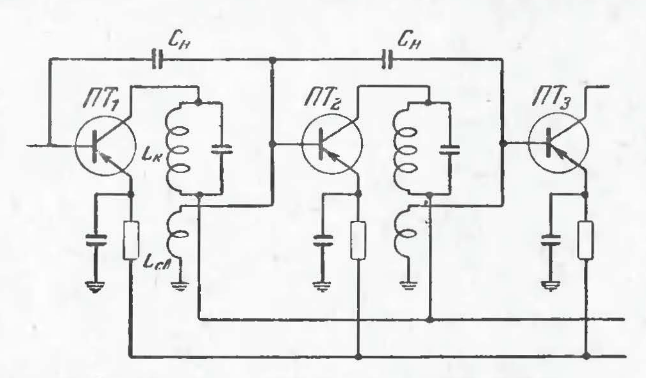


Рис. 10. Подключение нейтродинирующих конденсаторов.

ки контура. Эта расстройка происходит за счет подключения к контуру соответственно входной или выходной емкости триода.

Величину выходной емкости необходимо учитывать, так как она входит в емкость контура. Выходная емкость определяется при помощи генератора во время измерения выходного сопротивления триода:

$$C_{вых} = \frac{2C_к (f_0 - f_1)}{p_1^2 f_1},$$

где $C_{вых}$ — выходная емкость триода;

$C_к$ — емкость контура;

p_1 — коэффициент включения триода к контуру;

f_0 — частота настройки контура;

f_1 — частота настройки контура с подключенным триодом.

Проходная емкость триода, обусловленная емкостью перехода основание—коллектор, будет создавать взаимосвязь между входным и выходным контурами. Если эту емкость не нейтрализовать, то усилитель будет работать неустойчиво и будет склонен к возбуждению. Точный расчет нейтродинирующего конденсатора для радиолюбителя сложен. Приблизительно его емкость

$$C_{н} \simeq C_{вых} \frac{w_{к}}{w_{св}},$$

где $C_{н}$ — величина нейтродинирующего конденсатора;
$C_{вых}$ — выходная емкость триода;
$w_{к}$ — число витков катушки контура;
$w_{св}$ — число витков катушки связи.

Нейтродинирующий конденсатор подключают между основаниями триодов, как показано на рис. 10.

При изготовлении усилителя промежуточной частоты, особенно для малогабаритных приемников, целесообразно делать катушки контуров на сердечниках броневого типа диаметром 12—22 *мм*. Контур, выполненный на таком сердечнике, будет иметь высокую добротность (порядка 100—120) даже при применении провода ПЭЛШО 0,1 или ПЭЛ 0,1. Крепить броневой сердечник к монтажной панели можно клеем БФ-2 в отверстие по диаметру сердечника.

Усилитель можно выполнить в виде отдельного блока, используя общую монтажную панель, на которой закрепляются броневые сердечники в экранах и монтажные лепестки для полупроводниковых триодов, конденсаторов и сопротивлений. Такая конструкция усилителя промежуточной частоты компактна и занимает мало места в приемнике. При монтаже усилителя на общей панели необходимо, чтобы между контурами усилителя не было дополнительной индуктивной или емкостной связи. При наличии последних нейтродинирование емкости основание — коллектор триода будет весьма затруднительно даже при тщательном подборе величины нейтродинирующего конденсатора. Внешний вид усилителя промежуточной частоты со снятыми экранами с контуров приведен на рис. 11.

Помимо экранировки контуров с целью повышения устойчивости в работе, каскад преобразователя частоты желательно развязать дополнительным фильтром. Для

этого включают в цепь питания коллектора сопротивление в 5—10 *ком* и шунтируют это сопротивление значительной емкостью. Можно несколько изменить конструкцию усилителя, поместив в экраны не только контуры усилителя, но и сами триоды. Такая полная экранировка особенно нужна при применении в усилителе триодов П1Ж и П1И. Экраны для усилителей можно изготовить из корпусов старых электролитических конденсаторов.

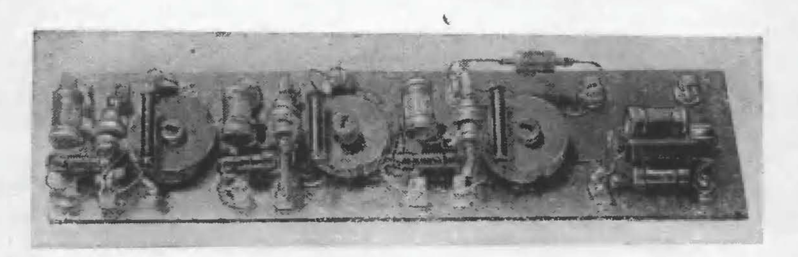


Рис. 11. Внешний вид усилителя промежуточной частоты.

Предварительные каскады усиления низкой частоты

В усилителях на полупроводниковых триодах существует значительная зависимость параметров триода от температуры окружающей среды. Это приводит к смещению первоначально выбранной рабочей точки и искажению выходного напряжения или уменьшению усиления каскада. Начальный ток коллектора, обусловленный его сопротивлением, при повышении температуры может меняться и достигать большой величины.

Если в усилителе не будут предусмотрены меры по температурной стабилизации рабочей точки, то усилитель будет работать нестабильно. Особенно сильно будет сказываться влияние окружающей температуры на положение рабочей точки при больших величинах сопротивления нагрузки в цепях коллектора. Из этих соображений величину нагрузочного сопротивления следует брать не более 10—15 *ком*. При использовании в качестве нагрузки трансформатора с малым активным сопротивлением колебания температуры будут значительно меньше влиять на положение рабочей точки триода.

На рис. 12 приведена схема усилителя, в которой применена температурная стабилизация режима за счет введения сопротивления R_2 в цепь эмитера триода. С целью

устранения дополнительной обратной связи сопротивление R_2 шунтируется емкостью.

При выборе нагрузочного сопротивления $R_н$ нужно учитывать, что при непосредственном подключении каскадов в усилителе (без согласующих трансформаторов) нагрузкой каскада будет входное сопротивление следующего триода. Поэтому величина $R_н$ не должна превышать 5—10 *ком*, чтобы не было на нем дополнительного падения напряжения за счет тока коллектора.

Рассмотренная выше схема (рис. 12) неудобна тем, что требует двух источников питания. На рис. 13 изобра-

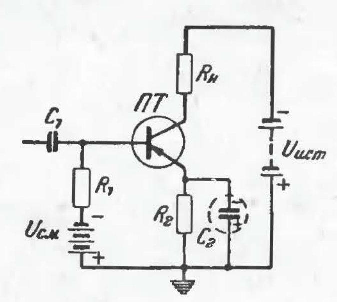


Рис. 12. Схема усилителя низкой частоты с температурной компенсацией.

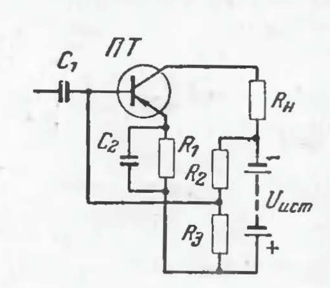


Рис. 13. Схема с питанием цепи эмитера от общего источника.

жена схема с одним источником питания. Для триодов П1А, П1Е и П1Ж сопротивление R_1 обычно берется равным 1—3 *ком*, а сопротивления R_2 и R_3 выбираются так, чтобы напряжение на основании по отношению к эмитеру было минус 0,1—0,2 *в*. При этом на сопротивлениях R_2 и R_3 рассеивается значительная мощность. Для устойчивой работы усилителя необходим значительный ток в цепи потенциометра, который снижает к. п. д. каскада. В предварительных усилителях низкой частоты с таким понижением к. п. д. можно мириться, но в мощных выходных каскадах этот метод подачи напряжения на основание триода непригоден.

Выбирая схему усилителя низкой частоты, необходимо знать, что усилитель с непосредственной связью между триодами будет иметь за счет шунтирующего действия входных сопротивлений каскадов меньший коэффициент усиления, чем усилитель с трансформатором. Так, на триоде П1А, применяя трансформатор, можно получить уси-

ление на каскад 30 и более, а без трансформатора — только 10—15. Учитывая сравнительно высокую стоимость триодов, бестрансформаторную схему усилителя можно рекомендовать только в том случае, если вес и габариты играют в приемнике решающую роль.

Максимальный коэффициент усиления по мощности получается только в том случае, если имеется полное согласование между каскадами, т. е. пересчитанное входное сопротивление в первичную обмотку трансформатора будет равно выходному сопротивлению первого каскада.

Обычно при малом токе коллектора (для триода П1А — 0,3—0,5 *ма*) на низкой частоте входное сопротивление каскада равно 180—220 *ом*, а выходное 0,4—0,6 *Мом*. Следовательно, для полного согласования необходимо иметь трансформатор с коэффициентом трансформации 40—55. Такой трансформатор изготовить в любительских условиях практически невозможно, так как индуктивность первичной обмотки должна быть несколько сотен генри. Поэтому при расчете согласующего трансформатора нужно задаваться нагрузкой не 0,4—0,6 *Мом*, а лишь 20—40 *ком*. В этом случае усилитель будет иметь вполне удовлетворительную частотную характеристику при коэффициенте усиления для триода П1А, равном 30—40.

Коэффициент трансформации согласующего трансформатора определяется по формуле

$$n = \sqrt{\frac{R_н}{R_{вх}}},$$

где $R_н$ — сопротивление нагрузки первого триода;

$R_{вх}$ — входное сопротивление второго триода.

Согласующий трансформатор может вносить некоторые частотные искажения. Поэтому при изготовлении трансформатора желательно использовать сталь с повышенной магнитной проницаемостью. Намотку нужно производить виток к витку и каждый слой прокладывать бумагой. Сечение провода первичной обмотки трансформатора должно обеспечивать малое сопротивление постоянному току. Трансформаторы рекомендуется собирать из пластин Ш-6 или Ш-10 при толщине пакета 5—15 *мм*. Первичная обмотка не превышает обычно 3 000 витков.

На рис. 14 приведена схема усилителя с непосредственной связью между каскадами. В этой схеме согласование высокоомного выхода с низкоомным входом по-

следующего каскада отсутствует, так как коллектор подключен к основанию второго триода через переходную емкость. Усиление, снимаемое с каскада, при этом получается небольшим из-за малого сопротивления нагрузки.

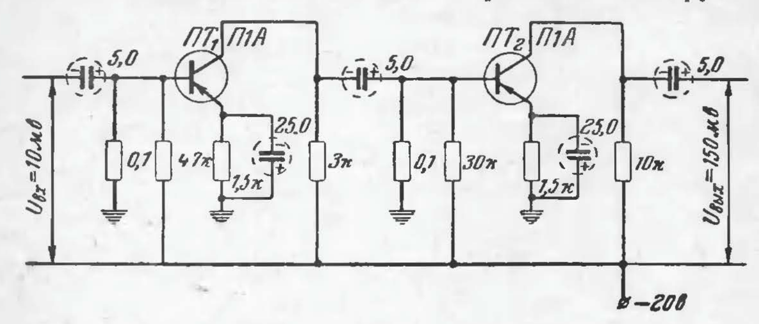


Рис. 14. Схема усилителя низкой частоты с непосредственной связью между каскадами.

На рис. 15 приведена схема усилителя, где два каскада, собранные по схеме с заземленным эмитером, согласуются дополнительным каскадом. Этот каскад собирает-

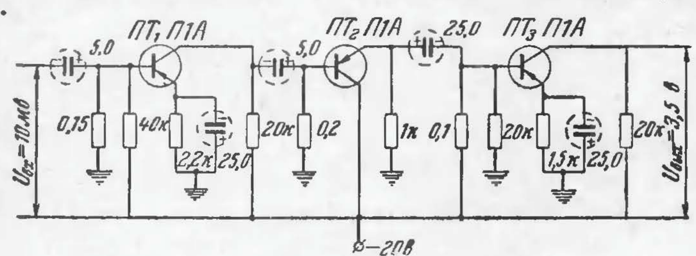


Рис. 15. Схема согласования двух каскадов усилителя дополнительным каскадом, собранным по схеме с заземленным коллектором.

ся по схеме с заземленным коллектором и, имея большое входное и малое выходное сопротивления, согласует каскады усилителя между собой.

Выходной каскад приемника

При выборе источника питания для приемника необходимо учесть, что для большинства триодов допустимое максимальное напряжение на коллекторе не превышает 40 *в*, а для триодов типа П3 — даже 25 *в*. При подаче на

коллектор более высокого напряжения возможен выход триода из строя за счет пробоя коллекторного перехода.

Значительный интерес для радиолюбителя представляет использование низковольтного источника питания напряжением 5—10 *в*. При этом размеры приемника и вес значительно уменьшаются, что очень важно для переносных приемников. Снижение напряжения источника с 35 до 10 *в* относительно мало сказывается на усилении отдельных каскадов приемника. Так, для триода П1А, примененного в предварительном усилителе низкой частоты, усиление уменьшается с 28 до 20 *дб*. Такое же уменьшение усиления происходит в усилителе промежуточной частоты и других каскадах приемника. При применении низковольтного источника питания напряжением 5—10 *в* для получения выходной мощности приемника в 100—500 *мвт* в выходном каскаде необходимо использовать триоды П3 с током коллектора 130—150 *ма*. При применении источника питания напряжением 25—30 *в* в выходном каскаде могут использоваться также триоды П2.

Для стабилизации рабочей точки триода использование делителя напряжения, как это делается в предварительном каскаде усилителя низкой частоты, нежелательно. Мощность, рассеиваемая на сопротивлениях делителя, будет значительной и к. п. д. каскада, а следовательно, и приемника окажется низким. Значительно лучше осуществить стабилизацию первоначально выбранной рабочей точки от отдельного источника питания.

Ввиду того, что минимальное напряжение источника составляет обычно около 1,5 *в*, а напряжение на основании должно быть 0,1—0,2 *в*, можно включить сопротивление в цепь эмитера триода. Ток от источника смещения, протекая по этому сопротивлению, создаст на нем падение напряжения в 1,3—1,4 *в* и, следовательно, на основании получится нужное напряжение. Для исключения обратной связи сопротивление в цепи эмитера шунтируется конденсатором. Неудобства, связанные с наличием второго источника, полностью окупаются высоким к. п. д. выходного каскада.

Отдельный источник смещения выходного каскада может использоваться также в усилителе промежуточной частоты и предварительном усилителе низкой частоты.

Как известно, основным потребителем энергии источника питания является выходной каскад приемника. Усилитель, работающий в классе А, дает меньшие искаже-

ния, но расходует энергии больше, чем усилитель класса В. Класс С для выходных каскадов на полупроводниковых триодах практически не применяется из-за больших искажений.

Повысить экономичность выходного каскада класса А можно, применяя режим со скользящей рабочей точкой. Для этого используется выпрямленное напряжение, снимаемое с выходного трансформатора, которое подается в цепь эмитера.

Повышая экономичность приемника с выходным каскадом по двухтактной схеме, можно использовать режим

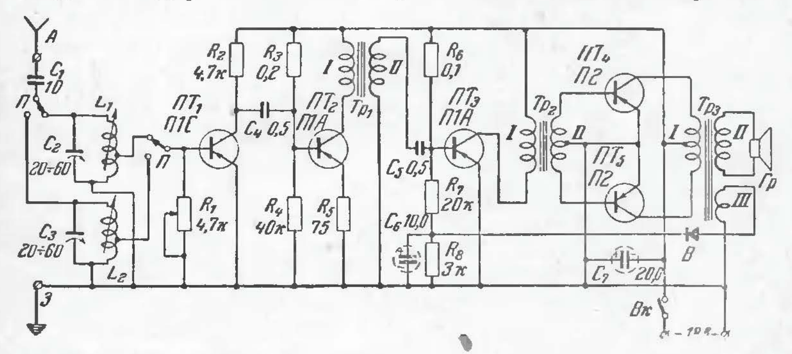


Рис. 16. Принципиальная схема приемника прямого усиления.

со скользящей рабочей точкой в предоконечном каскаде (рис. 16).

При расчете выходного трансформатора для двухтактной схемы пользуются формулой

$$R_н \approx \frac{4U}{aI_в},$$

где U берется из условия получения малых нелинейных искажений равным 0,7—0,8 напряжения источника.

Эта формула аналогична выражению $R_н = 4R_a$ для ламповых двухтактных выходных каскадов.

Для однотактного каскада при расчете выходного трансформатора пользуются формулой

$$R_н \approx \frac{U}{aI_в}.$$

Зная полное сопротивление звуковой катушки громкоговорителя ($Z \approx 1{,}25\ R$, где R — сопротивление зву-

ковой катушки постоянному току) и сопротивление нагрузки $R_н$, находят коэффициент трансформации

$$n=\sqrt{\frac{R_н}{Z}},$$

При изготовлении выходного трансформатора провод первичной обмотки берется диаметром 0,15—0,18 *мм*, сердечник собирается из пластин Ш-6 или Ш-10 при толщине пакета 20—10 *мм*. Максимальную неискаженную мощность можно получить экспериментальным путем, применив выходной трансформатор с рядом отводов. Путем поочередного подключения звуковой катушки громкоговорителя к этим отводам находят тот отвод, при котором напряжение на катушке получается максимальным.

Триод П3 в зависимости от напряжения источника питания и режима работы должен иметь сопротивление нагрузки от 150 до 400 *ом*.

ПРИЕМНИК ПО СХЕМЕ ПРЯМОГО УСИЛЕНИЯ

Такой приемник можно рассматривать как начальный этап работы радиолюбителя по сборке радиовещательных приемников на полупроводниковых триодах.

Приемник имеет два диапазона: длинноволновый (150—490 *кгц*) и средневолновый (520—1 500 *кгц*). Его чувствительность невысока и составляет в худшей точке рабочего диапазона 30 *мв*. Выходная мощность приемника равна 80 *мвт* при коэффициенте нелинейных искажений не более 10% .Потребляемая им мощность от источника питания в режиме покоя составляет 140 *мвт*, а в рабочем режиме 340 *мвт*. В качестве источника питания используются четыре последовательно соединенные батареи от карманного фонаря общим напряжением 18 *в*.

Схема

Принципиальная схема приемника приведена на рис. 16. Входные цепи, состоящие из ферроиндуктора с катушками L_1 и L_2 и подстроечных конденсаторов C_2 и C_3, имеют емкостную связь с антенной (через конденсатор C_1) и автотрансформаторную связь с детекторным каскадом, собранным на плоскостном триоде $ПТ_1$ типа П1Е. Переключение катушек ферроиндуктора осуществляется переключателем $П$, а регулировка громкости —

потенциометром R_1. Нагрузкой триода $ПТ_1$ служит сопротивление R_2.

После детектирования сигнала триодом $ПТ_1$ напряжение низкой частоты через конденсатор C_4 подается на первый каскад предварительного усиления низкой частоты, собранный на триоде $ПТ_2$ типа П1А. Сопротивления R_3 и R_4 служат для создания напряжения смещения на основание триода, которое определяет начальный ток коллектора без сигнала. Каскад охвачен обратной связью за счет сопротивления R_5, включенного в цепь эмитера. Для согласования этого каскада с последующим применен трансформатор Tp_1.

Второй каскад предварительного усиления собран на триоде $ПТ_3$ типа П1А. В этом каскаде ток коллектора устанавливается сопротивлениями R_6 и R_7 (в режиме покоя ток должен быть равен 0,08—0,1 *ма*).

В этом предоконечном каскаде с целью повышения общего к. п. д. приемника используется режим со скользящей рабочей точкой. Для этого напряжение с обмотки *III* выходного трансформатора Tp_3 через купроксный выпрямитель *В* типа ВК-0,2-1 подается в цепь основания.

Детали и конструкция

Ферроиндуктор приемника имеет альсиферовый сердечник диаметром 7 и длиной 35 *мм* с эффективной проницаемостью 8,8. Его катушка L_1 (индуктивность без сердечника 2,1 *мгн*) состоит из 750+80 витков провода ПЭЛШО 0,1, а катушка L_2 (индуктивность без сердечника 140 *мкгн*) из 250+20 витков ПЭЛШО 0,18. Устройство этих катушек показано на рис. 17.

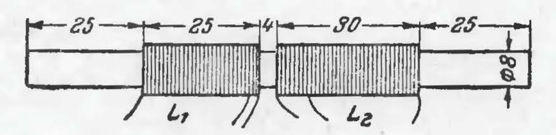


Рис. 17. Устройство катушек ферроиндуктора.

Согласующие трансформаторы Tp_1 и Tp_2 собраны на сердечниках из пластин Ш-10 при толщине пакета 10 *мм*. Обмотки *I* трансформаторов содержат по 2 000 витков провода ПЭЛ 0,1. Обмотка *II* трансформатора Tp_1 состоит из 320 витков, а обмотка *II* трансформатора Tp_2—из 2×200 витков провода ПЭЛ 0,12.

Выходной трансформатор $Тр_3$ для динамического громкоговорителя *Гр* типа 1ГД-5 имеет сердечник из пластин Ш-14 при толщине пакета 12 *мм.* Обмотка *I* этого трансформатора состоит из 2×1 500 витков провода ПЭЛ 0,15, обмотка *II* — из 80 витков ПЭЛ 0,47 и обмотка *III* — из 120 витков ПЭЛ 0,12.

Переходные конденсаторы C_4 и C_5 в приемнике применены бумажные типа КМБГ. Могут быть использованы и

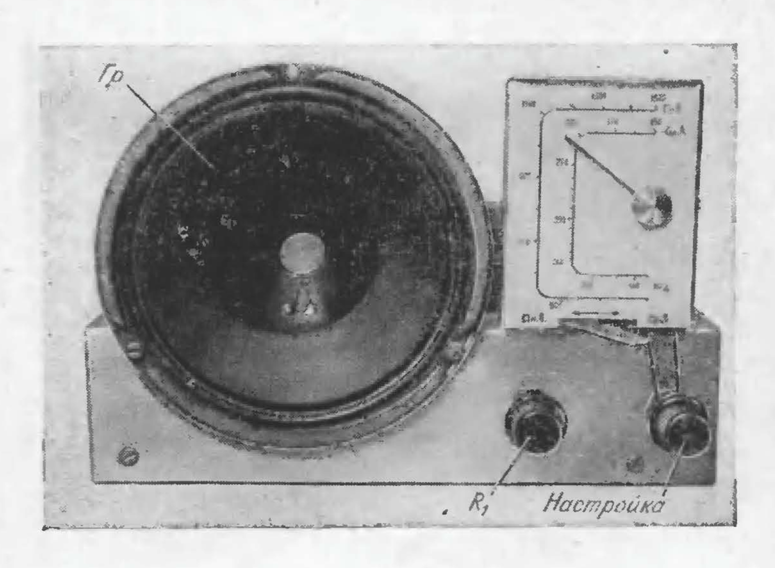


Рис. 18. Вид собранного приемника.

электролитические конденсаторы типа ЭМ на небольшое рабочее напряжение.

Приемник собран на шасси размерами 200×90×50 *мм,* изготовленном из мягкой листовой стали толщиной 1 *мм.* На переднюю панель приемника выведена ось верньерного устройства, ручка регулировки громкости и переключатель диапазонов. На отдельной стойке закреплен ферроиндуктор и гнезда для антенны и заземления. Эта стойка двумя винтами крепится к шасси приемника. В шасси сделан вырез под громкоговоритель, рядом с которым установлен выходной трансформатор. Внешний вид собранного приемника, расположение его деталей на шасси и монтаж деталей в подвале шасси показаны на рис. 18, 19 и 20.

Рис. 19. Расположение деталей иа шасси.

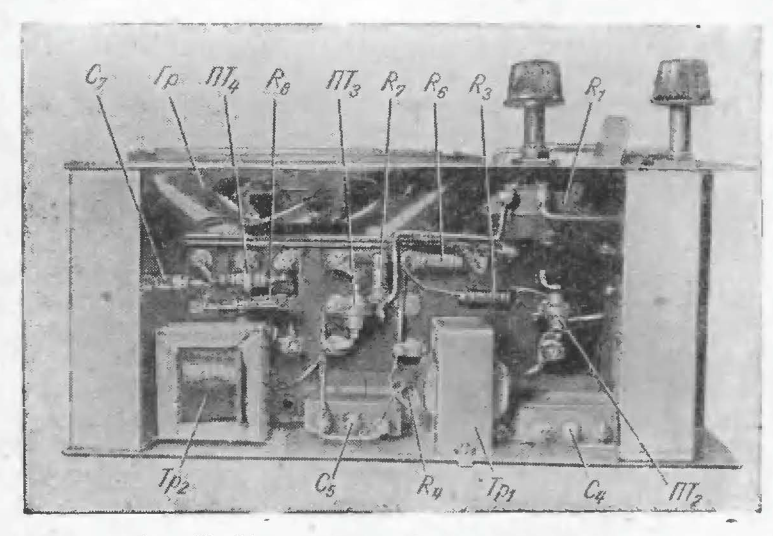


Рис. 20. Монтаж деталей в подвале шасси.

Налаживание

Вначале необходимо проверить монтаж и наличие напряжения на коллекторах и основаниях триодов.

Налаживание приемника начинают с выходного каскада. Для этого к обмотке *I* трансформатора $Тр_2$ через конденсатор в 1—2 *мкф* подключают звуковой генератор, а к звуковой катушке громкоговорителя — измеритель выхода и при помощи миллиамперметра замеряют коллекторные токи триодов $ПТ_4$ и $ПТ_5$. Ток каждого триода должен быть 18—25 *ма* при сигнале и 0,5—1 *ма* без сигнала.

Затем проверяется форма выходного напряжения по осциллографу. Искажение формы напряжения может быть при отсутствии согласования выходного каскада с нагрузкой или при асимметрии характеристик выходных триодов. В первом случае форма напряжения будет искажена в верхней или нижней, а во втором — в средней части. При подборе согласования, как уже говорилось, можно сделать ряд отводов у выходного трансформатора и экспериментально подобрать оптимальный режим. Симметрии же характеристик добиваются путем включения в цепь эмитера одного из выходных триодов небольшого сопротивления (5—20 *ом*).

Убедившись в нормальной работе выходного каскада, т. е. получив нужную неискаженную мощность, приступают к налаживанию предоконечного каскада. Звуковой генератор при этом подключают через конденсатор к основанию триода $ПТ_3$. Если при подаче даже значительных напряжений не удается получить нужной мощности выходного каскада, то необходимо повысить мощность предоконечного каскада, увеличив ток коллектора триода $ПТ_3$, путем изменения величины сопротивления R_6. При сигнале этот ток должен быть порядка 1,2—2 *ма*, а напряжение, подаваемое на вход этого каскада для получения номинальной выходной мощности, должно быть 100—200 *мв*.

Первый каскад усилителя низкой частоты с триодом $ПТ_2$ может иметь незначительную мощность. Ток этого триода подбором сопротивления R_3 устанавливается равным 300—400 *мка* .

Настройка входного контура приемника (перекрытие частот и согласование) производится генератором ГСС-6 или каким-либо другим генератором, имеющим диапазон частот длинных и средних волн. Ток коллектора триода $ПТ_1$ должен быть 200—300 *мка*.

Избирательность по соседнему каналу описанного приемника невелика (порядка 4—8 *дб*). Повысить его избирательность можно путем увеличения числа настраиваемых контуров, используя для этого сдвоенный ферроиндуктор (см. рис. 6). При этом целесообразно первый каскад использовать как усилитель высокой частоты с настраиваемыми контурами на входе приемника и в цепи коллектора, а второй каскад — как детектор.

СУПЕРГЕТЕРОДИННЫЙ ПРИЕМНИК

Приемник собран на шести полупроводниковых триодах и имеет два диапазона: длинноволновый (150—410 *кгц*) и средневолновый (520—1 600 *кгц*). Чувствительность приемника на длинных волнах равна 700, а на средних 900 *мкв*. Промежуточная частота 110 *кгц*. Выходная мощность 250 *мвт* при коэффициенте нелинейных искажений не более 10%. Питание приемника осуществляется от двух последовательно соединенных батарей для карманного фонаря общим напряжением 9 *в*. Напряжение смещения на основания триодов подается от отдельного гальванического элемента ФБС-0,25 напряжением 1,5 *в*. Приемник потребляет от источника питания при сигнале 900 и без сигнала 380 *мвт*. Вес приемника с источниками питания составляет 1,7 *кг*.

Схема

Принципиальная схема приемника приведена на рис. 21. Связь с антенной осуществляется катушками связи L_1 и L_3. С целью повышения чувствительности приемника на средних волнах в нем, помимо индуктивной связи с антенной, применена еще емкостная связь за счет конденсатора C_1. Согласование входных цепей и преобразователя частоты, собранного на триоде $ПТ_1$ типа П1Ж, осуществляется путем подключения триода к части витков катушек L_2 и L_4. В качестве органа настройки использован малогабаритный блок переменных конденсаторов от приемника «Воронеж» емкостью $12 \div 495$ *пф*. Переключение диапазонов осуществляется двухплатным переключателем *П*.

Гетеродин приемника собран на триоде $ПТ_2$ типа П1Ж по схеме с индуктивной связью.

В цепь коллектора триода $ПТ_1$ включен одиночный контур промежуточной частоты L_8C_{11}. Связь этого конту-

ра с триодом $ПТ_3$ типа П1Ж осуществляется катушкой L_{10}. Сопротивление R_3 в цепи эмитера этого триода, шунтированное конденсатором C_{12}, так же как R_4 и C_{14} в следующем каскаде, служит для создания смещения на основание триода. В цепи коллектора триода $ПТ_3$ включен одиночный контур $L_{11}C_{13}$, настроенный на частоту 110 *кгц*. С этим контуром через катушку L_{12} связан триод $ПТ_4$ типа П1Ж.

Для нейтрализации емкости основание — коллектор триодов усилителя промежуточной частоты основания триодов $ПТ_1$, $ПТ_3$ и $ПТ_4$ соединены конденсаторами C_{25} и C_{26}.

В приемнике применено диодное детектирование на германиевом диоде *Д* типа ДГ-Ц1. Нагрузкой детектора служит потенциометр R_6, при помощи которого осуществляется ручная регулировка громкости. По промежуточной частоте этот потенциометр шунтирован конденсатором C_{18}. Сопротивление R_5 и конденсатор C_{16}, подключенные к другому концу катушки L_{14}, служат для создания напряжения АРУ, которое подается на эмитер триода $ПТ_3$.

Напряжение звуковой частоты с потенциометра R_6 подается через разделительный конденсатор C_{19} на основание триода $ПТ_5$ типа П2. С целью повышения экономичности приемника в этом предварительном каскаде усиления низкой частоты используется режим со скользящей рабочей точкой. Напряжение с обмотки *III* выходного трансформатора $Тр_2$ подается на купроксный выпрямитель *В* типа ВК-02-1 и сопротивление R_8. При сигнале напряжение с сопротивления R_8 поступает на основание триода $ПТ_5$, смещая при этом его рабочую точку. Сопротивлением R_7 устанавливается начальный (без сигнала) ток коллектора триода.

С коллектора триода $ПТ_5$ напряжение звуковой частоты через согласующий трансформатор $Тр_1$ поступает в выходной каскад, собранный по схеме с заземленным эмитером на триоде $ПТ_6$ типа П3, в цепь коллектора которого включен выходной трансформатор $Тр_2$. Сопротивление R_{10}, шунтированное конденсатором C_{22}, служит для установления тока коллектора этого триода.

Детали и конструкция

Входные цепи приемника и катушки гетеродина выполнены на сердечниках броневого типа диаметром 12 *мм*. Катушки связи с антенной L_1 и L_3 намотаны поверх бро-

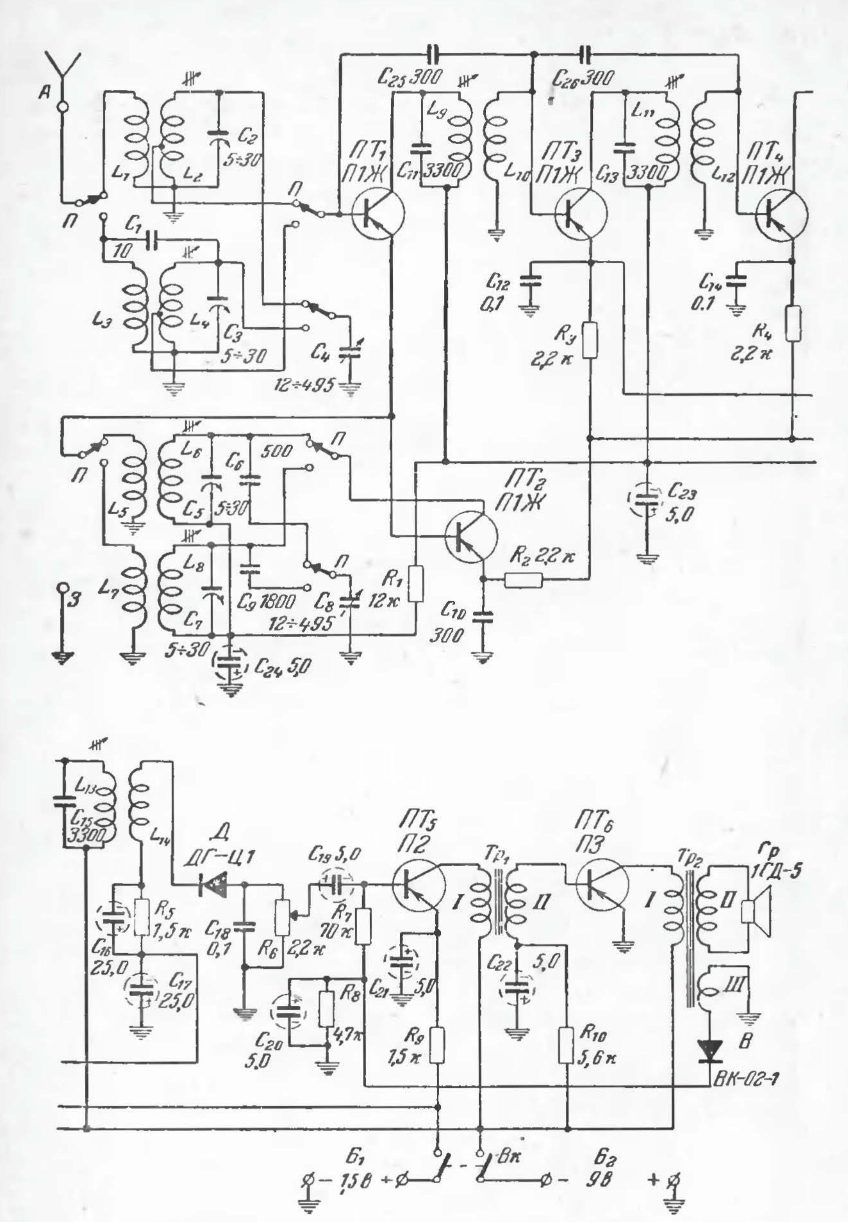


Рис. 21. Принципиальная схема супергетеродинного приемника.

невых сердечников, обеспечивая тем самым связь между катушками порядка 12—18%. Эти катушки наматываются внавал проводом ПЭШО 0,1 на шаблоне (рис. 22) и после пропитки растворенным в бензоле полистиролом закрепляются на сердечнике клеем БФ-2. Контурные катушки наматываются проводом ПЭЛ 0,1 на полистироловые трехсекционные каркасы.

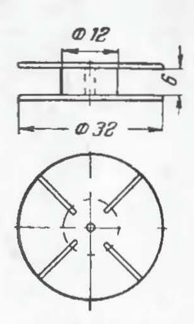


Рис. 22. Шаблон для намотки катушек L_1 и L_3.

Катушка L_1 (2,82 *мгн* без сердечника) состоит из 425 витков, L_2 (520 *мкгн* без сердечника и 1,45—2,7 *мгн* с сердечником) — из 270+30 витков, L_3 (540 *мкгн* без сердечника) — из 172 витков, L_4 (61 *мкгн* без сердечника и 155—205 *мкгн* с сердечником) — из 82+8 витков, L_5 — из 30 витков (намотаны в одной секции); L_6 (370 *мкгн* без сердечника и 1,07—1,42 *мгн* с сердечником) — из 240 витков (намотаны в двух секциях), L_7 — из 16 витков (намотаны в одной секции) и L_8 (50 *мкгн* без сердечника и 132—170 *мкгн* без сердечника) — из 83 витков (намотаны в двух секциях).

Все катушки монтируются на гетинаксовой панели (толщиной 2 *мм*) в виде отдельного блока.

Подстроечные конденсаторы применены самодельные. На провод ПЭЛ 1 длиной 30—35 *мм* наматывается провод ПЭЛШО 0,1 в один слой, который пропитывается за-

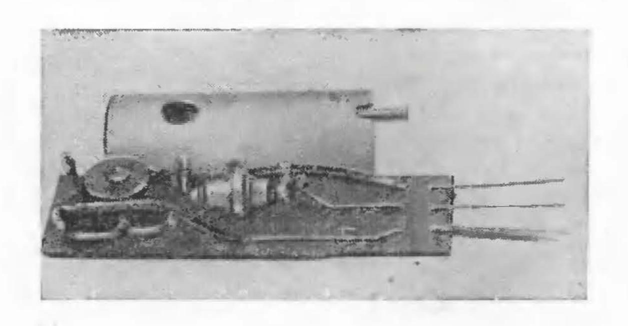


Рис. 23. Устройство усилительного каскада промежуточной частоты.

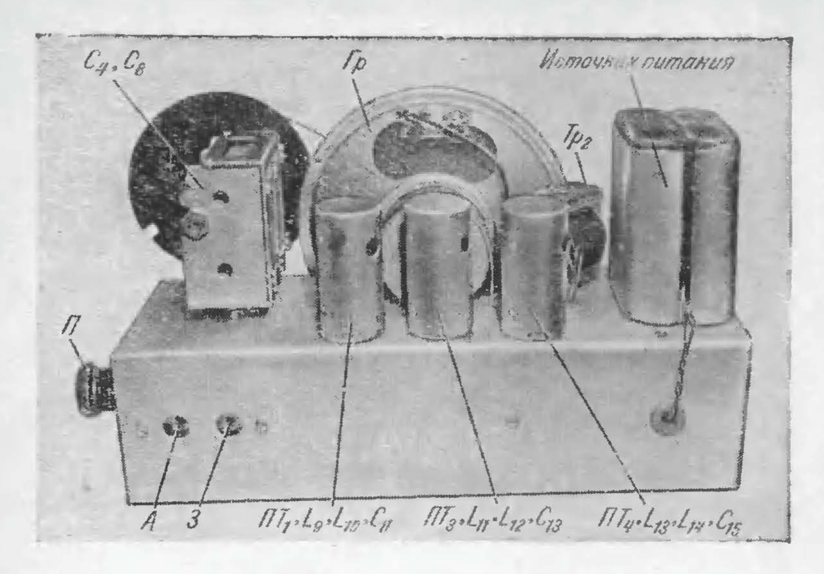


Рис. 24. Расположение деталей на шасси.

тем полистиролом. Во время налаживания приемника по мере необходимости провод отматывается.

Шестиполюсный переключатель диапазонов *П* на два положения может быть применен любой. На переключателе монтируется триод гетеродина приемника $ПТ_2$.

Катушки контуров промежуточной частоты L_9, L_{11}, L_{13} и катушки связи L_{10}, L_{12}, L_{14} наматываются проводом ПЭЛ 0,1 на полистироловых трехсекционных каркасах. Они помещены в броневые сердечники диаметром 12 *мм*. Катушки контуров имеют по 170 витков, которые размещены на двух секциях каркаса. На третьей секции размещаются катушки связи. Катушки L_{10} и L_{12} имеют по 24 витка, а катушка связи с детектором L_{14}—57 витков. Индуктивность катушек контуров промежуточной частоты без сердечника равна 190, а с сердечником 550—720 *мкгн*.

Контуры промежуточной частоты и относящиеся к ним триоды монтируются на гетинаксовых панелях и заключаются в экраны, в качестве которых можно использовать корпуса от электролитических конденсаторов. Устройство усилительного каскада промежуточной частоты показано на рис. 23.

Согласующий трансформатор усилителя низкой частоты $Тр_1$ собран на сердечнике из пластин Ш-6 при тол-

щине пакета 7 *мм*. Обмотка *I* содержит 2 100 витков провода ПЭЛ 0,1, а обмотка *II* — 175 витков ПЭЛ 0,15.

Выходной трансформатор $Тр_2$ для динамического громкоговорителя 1ГД-5 имеет сердечник из пластин Ш-14 при толщине пакета 18 *мм*. Обмотка *I* состоит из 870 витков провода ПЭЛ 0,15, обмотка *II* — из 92 витков ПЭЛ 0,47 и обмотка *III* — из 162 витков ПЭЛ 0,15.

Шасси приемника размерами 250×90×70 *мм* изготовлено из мягкой листовой стали толщиной 1 — 1,5 *мм*.

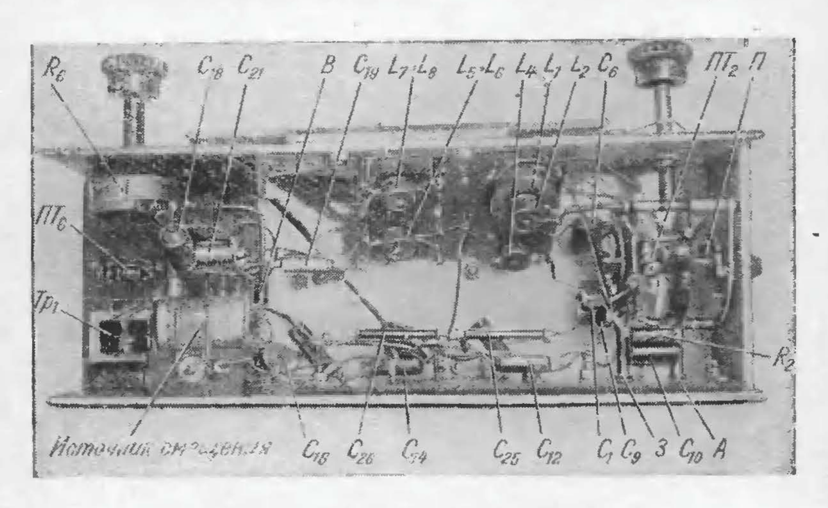


Рис. 25. Монтаж деталей в подвале шасси.

В нем сделан вырез под громкоговоритель, который закрепляется скобой.

На горизонтальной части шасси помещены блок конденсаторов переменной емкости, усилители промежуточной частоты в экранах, выходной трансформатор и источники питания (рис. 24).

Усилитель низкой частоты смонтирован на отдельной панели и помещен в подвале шасси (рис. 25). Там же размещен высокочастотный блок входных цепей и катушек гетеродина, а также переключатель диапазонов с триодом $ПТ_2$.

Элемент ФБС-0,25, используемый для смещения, закреплен на стойке скобкой и помещен рядом с усилителем низкой частоты.

На переднюю панель приемника выведены ручки на-

стройки и потенциометра R_6, а на боковую стенку шасси — ось переключателя диапазонов (рис. 26).

В приемнике применено простейшее верньерное устройство. Ось ручки настройки изготовляется из прутковой латуни диаметром 6 *мм*, а подшипник оси — из втулки потенциометра. Шкала приемника размещена под громкоговорителем.

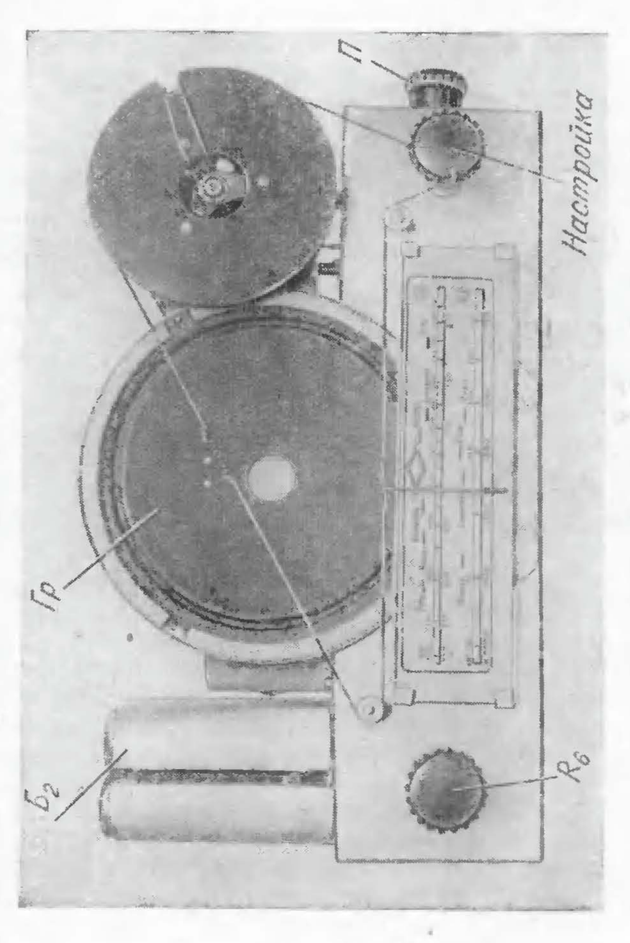


Рис. 26. Вид собранного приемника.

Налаживание

Налаживание приемника начинают с усилителя низкой частоты. Для этого к звуковой катушке громкогово-

рителя подключается измеритель выхода и через конденсатор в несколько микрофарад на основание выходного триода $ПТ_6$ подается напряжение от звукового генератора. В цепь коллектора этого триода включается миллиамперметр. Подаваемое с генератора напряжение должно быть такой величины, чтобы выходное напряжение было 1,2 *в*, а коллекторный ток триода достигал 120 *ма* (он устанавливается подбором величины сопротивления R_{10}). При этом проверяется форма выходного напряжения. Возможно, что при номинальной мощности и нужном токе триода форма напряжения будет искажена. В этом случае нужно добиться согласования нагрузки с выходным триодом $ПТ_6$ путем изменения коэффициента трансформации выходного трансформатора $Тр_2$.

Затем приступают к налаживанию предварительного усилителя низкой частоты. Звуковой генератор при этом подключают к основанию триода $ПТ_5$ и при помощи миллиамперметра проверяют ток в цепи коллектора без сигнала и при сигнале (токи соответственно должны быть 0,5—0,9 и 10—12 *ма*). Ток коллектора устанавливается сопротивлениями R_8 (без сигнала) и R_7 (при сигнале). Подаваемое от генератора напряжение (280—350 *мв*) на основание триода $ПТ_5$ должно обеспечивать номинальную выходную мощность приемника.

Диодный детектор не требует дополнительного налаживания. Как это было указано выше, катушка связи с детектором L_{14} наматывается на отдельные секции каркаса. Если это не будет выполнено, то за счет вносимой емкости из цепи детектора контур $L_{13}C_{15}$ не будет настраиваться сердечником на частоту 110 *кгц*.

В усилителе промежуточной частоты применены триоды типа П1Ж, имеющие на частоте 110 *кгц* выходное сопротивление (30—35 *ком*), близкое к резонансному сопротивлению примененных контуров (30 *ком*). Поэтому катушки контуров промежуточной частоты сделаны без отводов. При использовании в усилителе триодов других типов необходимо коллектор подключать не ко всему контуру, а к отводу катушки.

Усилитель промежуточной частоты настраивается генератором ГСС-6 в следующем порядке. Подключив генератор к основанию триода $ПТ_4$, настраивают сердечником на промежуточную частоту контур $L_{13}C_{15}$. После этого генератор переключают к основанию триода $ПТ_3$ и настраивают контур $L_{11}C_{13}$ (конденсаторы C_{25} и C_{26} долж-

ны быть отключены). При этом ранее настроенный контур $L_{13}C_{15}$ надо шунтировать сопротивлением 3—5 *ком,* так как иначе при точной настройке контуров и при отключенных компенсирующих конденсаторах C_{25} и C_{26} усилитель возбудится. При настройке первого контура усилителя L_9C_{11} генератор подключают к триоду $ПТ_1$, а два последующих контура шунтируют сопротивлениями. После настройки контуров шунты снимают и основания триодов соединяют нейтродинирующими конденсаторами C_{25} и C_{26}. Возбуждение усилителя после настройки может быть при неточном нейтродинировании конденсаторами C_{25} и C_{26} и при наличии индуктивной или емкостной связи между контурами. В первом случае необходимо подобрать нейтродинирующие емкости, а во втором — просмотреть монтаж усилителя и устранить возможные паразитные связи между контурами. При настройке усилителя желательно исключить работу гетеродина приемника, замкнув катушку связи L_5 или L_7.

При налаживании гетеродина необходимо просмотреть на осциллографе форму колебаний на катушках связи L_5 и L_7 и добиться синусоидальной формы подбором R_2 и C_{10}. Если при включении приемника колебания в гетеродине не возникают, то необходимо поменять местами концы катушки связи.

Настройку контуров гетеродина необходимо производить в следующем порядке. Подключив генератор ГСС-6 к основанию триода $ПТ_1$ и установив на генераторе низшую частоту длинноволнового диапазона (150 *кгц*), вводят блок конденсаторов в положение максимальной емкости и настраивают вращением сердечника контур гетеродина длинных волн на частоту 260 *кгц* по максимальному выходному напряжению. Затем устанавливают на генераторе частоту 410 *кгц* и при выведенном блоке конденсаторов настраивают контур гетеродина на частоту 520 *кгц* изменением емкости подстроечного конденсатора. Во время настройки контура на эту частоту должна несколько измениться первоначальная настройка на частоту 260 *кгц*. Поэтому необходимо снова подстроить низкочастотный конец диапазона и методом последовательного приближения добиться точной настройки контура гетеродина на нужные частоты. Аналогичным способом настраивается контур гетеродина средних волн на частоты 630 и 1 710 *кгц*.

При настройке входных цепей генератор подключают

через эквивалент антенны (C=200 *пф*) ко входу приемника. На генераторе сначала устанавливают частоту в 167 *кгц* (первая точка сопряжения) и на эту частоту сердечником катушки L_2 по максимальному выходному напряжению настраивают контур длинноволнового диапазона. Затем генератор перестраивают на частоту в 395 *кгц* (третья точка сопряжения) и на эту частоту контур настраивают подстроечным конденсатором C_2 (то же по максимальному выходному напряжению). После этого входной контур поочередно подстраивается в точках сопряжения 2—3 раза.

Точки сопряжения для средневолнового диапазона будут соответственно 590 и 1 530 *кгц*. На этом диапазоне входные цепи имеют комбинированную связь с антенной. Для того чтобы индуктивная и емкостная связи были согласованы, необходимо генератор и контур настроить на высшую частоту средневолнового диапазона. Изменяя направление витков катушки связи L_3, следует добиться наибольшего коэффициента передачи напряжения входной цепи. Во время настройки приемника выходное напряжение не должно превышать 1,2 *в*.

Оптимальный режим преобразователя частоты подбирается на средней частоте средневолнового диапазона изменением величины связи между катушками L_7 и L_8 и изменением напряжения на коллекторе триода $ПТ_2$ при помощи сопротивления R_1.

Описанный приемник имеет следующие электрические параметры: чувствительность приемника — не хуже 900 *мкв*; ослабление зеркального канала в диапазоне длинных волн — не менее 24 *дб* и в диапазоне средних волн — не менее 16 *дб;* ослабление сигнала частоты, равной промежуточной, — не менее 12 *дб*; избирательность приемника (ослабление при расстройке на ±10 *кгц*) — не менее 20 *дб*; полоса пропускания всего тракта, измеренная на уровне 6 *дб*, лежит в пределах 250—3 500 *гц*.

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Плоскостные германиевые триоды для усиления напряжения

Типа П1

Обозначение триода	Предельная частота усиления, *кгц*	Параметры[1]							Прелельно допустимые значения (для всех триодов)
		Сопротивление коллектора, *Мом*	Сопротивление базы, не более *ом*	Коэффициент усиления по току[4]	Коэффициент усиления по мощности, не менее *дб*[2]	Фактор шумов, не более *дб*[2]	Обратный ток коллектора при выключенном эмитере, *мка*	Емкость коллекторного перехода, не более *пф*	
П1А	100	⩾0,3	—	⩾0,9	30	—	⩽30	—	
П1Б	100	0,5—1,2	400	0,93—0,97	33	35	⩽30	—	Ток эмитера 5 *ма*
П1В	100	⩾1,0	400	0,93—0,97	37	35	⩽15	—	Ток коллектора 5 *ма*
П1Г	100	⩾0,5	600	⩾0,96	37	—	⩽30	—	Напряжение коллектора — 20 *в*[3]
П1Д	100	⩾0,5	600	⩾0,94	33	18	⩽15	—	Мощность, рассеиваемая коллектором. 50 *мвт*[3]
П1Е	465	—	1 000	⩾0,94	30	35	⩽30	60	Окружающая температура
П1Ж	1 000	—	1 500	⩾0,95	35	35	⩽20	40	от—60 до+50° С
П1И	⩾1 600	⩾0,5	1 500	⩾0,96	30	35	⩽20	35	

[1] При токе эмитера 1 *ма* и напряжении коллектора минус 10 *в*. [2] В схеме с заземленным эмитером в режиме усиления класса А на частоте 1 *кгц* при внутреннем сопротивлении источника сигнала 600 *ом* и сопротивлении нагрузки 30 *ом*. [3] При окружающей температуре свыше 30° С мощность, рассеиваемая коллектором, должна быть не более 30 *мвт*, а напряжение коллектора не более минус 15 *в*. [4] Коэффициент усиления по току на предельной частоте равен не менее 0,7.

2. Плоскостные германиевые триоды для усиления мощности

Типов П2 и П3

Обозначение триода	Режимы измерения		Параметры					Предельно допустимые значения					
	Напряжение коллектора, *в*	Ток коллектора, *ма*	Коэффициент усиления по току, не менее	Мощность, отдаваемая нагрузке, не менее *вт*	Сопротивление нагрузки, *ом*	Коэффициент усиления по мощности, не менее *дб*	Обратный ток коллектора при выключенном эмитере, не более *ма*	Ток эмитера, *ма*	Ток коллектора, *ма*	Напряжение коллектора, *в*	Мощность, рассеиваемая коллектором, *вт*	Окружающая температура, °С	Температура корпуса, °С
П2А	—50	5	0,9	0,1[1]	10 000	17[1]	—	10	10	—100	0,25[2]	От —60 до +50	—
П2Б	—25	10	0,9	0,1[1]	4 000	17[1]	—	25	25	—50	0,25[2]	От —60 до +50	—
П3А	—25	130	2,0[3]	1,0[4]	220	17[4]	—	—	150	—50	3,5[7]; 1,0[8]	—	От —60 до +50
П3Б	—25	130	2,0[3]	1,0[4]	220	20[4]	0,25[5]	—	250	—50	3,5[7]; 1,0[8]	—	От —60 до +50
	—12	250	—	1,0[4]	50	17	5,0[6]						
П3В	—25	130	2,0[3]	1,0[4]	220	25[4]	0,25[5]	—	450	—50	3,5[7]; 1,0[8]	—	От —60 до +50
	—12	250	—	1,0[4]	50	20[4]	3,0[6]						

[1] В схеме с заземленной базой при внутреннем сопротивлении источника сигнала 100 *ом* на частоте 1 *кгц*. [2] При окружающей температуре свыше 40° С мощность, рассеиваемая коллектором, должна быть не более 120 *мвт*, а напряжение коллектора не более минус 50 *в* для П2А и не более минус 25 *в* для П2Б. [3] В режиме короткого замыкания в схеме с заземленным эмитером при напряжении коллектора минус 10 *в* для П3А и П3Б и минус 7 *в* для П3В и предельно допустимом токе коллектора на частоте 1 *кгц*. [4] В схеме с заземленным эмитером в режиме усиления класса А на частоте 1 *кгц* при внутреннем сопротивлении источника сигнала 5 *ом*. [5] При напряжении коллектора минус 10 *в*. [6] При напряжении коллектора минус 50 *в*. [7] С дополнительным внешним радиатором для теплоотвода площадью не менее 50 *см*². [8] Без дополнительного внешнего теплоотвода.

СОДЕРЖАНИЕ

Цена 95 коп.

